

Теоретическое исследование динамики солитонов уравнения синус-Гордона с учетом внешней силы и затухания

Васильева Юлия Сергеевна

*Кудрявцев Роман Владимирович, Абакумова Наталья Николаевна, Гумеров Азамат Маратович,
Муртазин Рамиль Равилович*

Башкирский государственный университет

Екомасов Евгений Григорьевич, д.ф.-м.н.

Vasilieva2-1@mail.ru

На сегодняшний день, наблюдается большой прогресс при исследовании нелинейных волновых процессов. Из этого следует ряд фундаментальных достижений. Одним из таких достижений является прогресс в изучении динамики солитонов — структурно устойчивых уединённых волн, распространяющихся в нелинейной среде. Солитоны ведут себя подобно частицам: при взаимодействии друг с другом или с некоторыми другими возмущениями они не разрушаются, а продолжают движение, сохраняя свою структуру неизменной. Специальные решения, способные описывать поведение подобных волн, были открыты для ряда нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, часто называемых также «солитонными» уравнениями, одним из самых известных представителей которых является уравнение синус-Гордона (УСГ), которое часто используется при построении моделей в самых разнообразных областях естествознания [1-3]: геологии, молекулярной биологии, физике, космологии и т. д. В теоретической физике подобное уравнение применяется, например, для описания нелинейной динамики доменных границ в ферромагнетиках (ФМ) и слабых ферромагнетиках (СФМ). Однако, создание различных теоретических моделей, приводит к необходимости модифицировать УСГ, вводя, например, переменные коэффициенты, внешнюю силу и затухание.

Кинки представляют собой пример топологических солитонов, соединяя между собой два различных стационарных состояния системы. Взаимодействие кинков УСГ, движущихся по инерции, с примесями может приводить к возбуждению «примесной» моды и к таким резонансным эффектам, как отражение кинка от притягивающего потенциала.

Для случая одной и двух примесей были численно найдены все возможные сценарии кинк-примесных взаимодействий при различных параметрах системы (рис.1). Взаимодействие кинка с протяжённой примесью качественно происходит так же, как и с точечной.

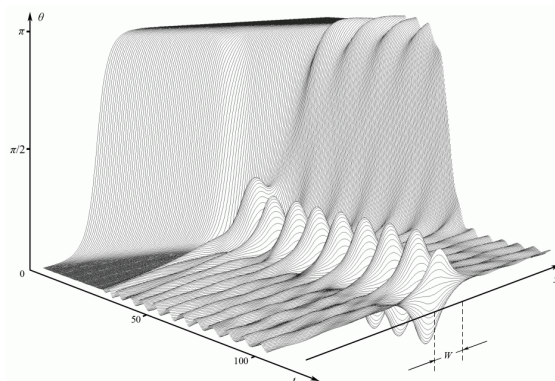


рис.1. Зарождение и эволюция примесной моды в области притягивающей примеси

С помощью метода коллективных переменных [4] с учётом внешней силы и диссипации нами были получены уравнения движения для координаты центра кинка и амплитуды примесной моды в случае точечных примесей. Полученные с их помощью результаты качественно совпадают с результатами, полученными численно. В данной работе показано, что затухание и внешняя сила противодействуют возникновению резонансного отражения доменных границ от притягивающего тонкого слоя, впрочем вызывающая его причина — резонансный обмен энергией между локализованными волнами по-прежнему имеет место быть.

Список публикаций:

- [1] Шамсутдинов М. А., Назаров В. Н., Ломакина И. Ю. // Ферро- и антиферромагнетодинамика. Нелинейные колебания, волны и солитоны, Научное издание М. : Наука, 2009. С. 368.
- [2] Якушевич Л. В. // Нелинейная физика ДНК, Научное издание М.: Институт компьютерных исследований; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2007. С. 252.
- [3]. Браун О. М., Кивиарь Ю. С. // Модель Френкеля-Конторовой: Концепции, методы, приложения, М. : Физматлит, 2008. С. 519.
- [4]. Шаповалов А. В., Краснобаева Л. А. // Солитоны уравнения синус-Гордона: Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2009. С. 192.